

PCT/JP2004/005526

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

16.4.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 4 月 2 5 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 1 2 2 5 3 2
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 1 2 2 5 3 2]

出 願 人 三 菱 電 線 工 業 株 式 有 限 公 司
Applicant(s):

REC'D 10 JUN 2004

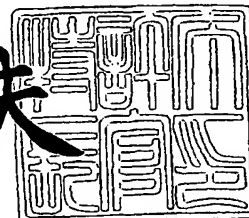
WIPO PCT

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 5 月 2 8 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 4 5 6 2 4

【書類名】 特許願

【整理番号】 MD020354

【提出日】 平成15年 4月25日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 6/20
G02B 6/24

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県伊丹市池尻 4 丁目 3 番地 三菱電線工業株式会社
伊丹製作所内

【氏名】 三宅 和幸

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県伊丹市池尻 4 丁目 3 番地 三菱電線工業株式会社
伊丹製作所内

【氏名】 山口 俊一郎

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県伊丹市池尻 4 丁目 3 番地 三菱電線工業株式会社
伊丹製作所内

【氏名】 山本 哲也

【特許出願人】

【識別番号】 000003263

【氏名又は名称】 三菱電線工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100077931

【弁理士】

【氏名又は名称】 前田 弘

【選任した代理人】

【識別番号】 100094134

【弁理士】

【氏名又は名称】 小山 廣毅

【選任した代理人】

【識別番号】 100110939

【弁理士】

【氏名又は名称】 竹内 宏

【選任した代理人】

【識別番号】 100110940

【弁理士】

【氏名又は名称】 嶋田 高久

【選任した代理人】

【識別番号】 100113262

【弁理士】

【氏名又は名称】 竹内 祐二

【選任した代理人】

【識別番号】 100115059

【弁理士】

【氏名又は名称】 今江 克実

【選任した代理人】

【識別番号】 100115691

【弁理士】

【氏名又は名称】 藤田 篤史

【選任した代理人】

【識別番号】 100117581

【弁理士】

【氏名又は名称】 二宮 克也

【選任した代理人】

【識別番号】 100117710

【弁理士】

【氏名又は名称】 原田 智雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100121500

【弁理士】

【氏名又は名称】 後藤 高志

【選任した代理人】

【識別番号】 100121728

【弁理士】

【氏名又は名称】 井関 勝守

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014409

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0217868

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光伝送装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ファイバ中心をなす中実のコアと、該コアを覆うように設けられ該コアに沿って延びる多数の細孔を有するクラッドとからなるフォトニッククリスタルファイバと、

信号光を集光して上記フォトニッククリスタルファイバに伝送する集光装置とを備えた光伝送装置であって、

上記集光装置に接続する上記フォトニッククリスタルファイバの接続端部に、ファイバ端面から所定距離 L の区間において上記クラッドの細孔を封止する処理が施され、

上記信号光の上記ファイバへの入射角 θ [°]、該ファイバの外径 D [μm]、該ファイバのコア径 a [μm]、該ファイバのクラッドに設けられた細孔が上記封止処理により封止された区間の屈折率 n を用いて表される、該細孔が封止された区間の長さ L [μm] が、

$$10 \leq L \leq (D + a) / 2 \tan [\sin^{-1} (\sin \theta / n)]$$

という条件を満たすように設定されていることを特徴とする光伝送装置。

【請求項 2】 ファイバ中心をなす中実のコアと、該コアを覆うように設けられ該コアに沿って延びる多数の細孔を有するクラッドとからなるフォトニッククリスタルファイバと、

信号光を上記フォトニッククリスタルファイバに伝送する光源装置とを備えた光伝送装置であって、

上記光源装置に接続する上記フォトニッククリスタルファイバの接続端部に、上記クラッドの細孔を封止する処理が施され、

上記光源装置から出射された信号光の上記ファイバへの出射角 θ [°]、上記光源装置とファイバ端面との間隔 d [μm]、該ファイバのコア径 a [μm]、該ファイバのクラッドに設けられた細孔が上記封止処理により封止された区間の屈折率 n を用いて表される、該細孔が封止された区間の長さ L [μm] が、

$$10 \leq L \leq (a / 2 - d \cdot \tan \theta) / \tan [\sin^{-1} (\sin \theta / n)]$$

という条件を満たすように設定されていることを特徴とする光伝送装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光伝送装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

大きな波長分散を発現する光ファイバとして、フォトニッククリスタルファイバ（以下、PCファイバと記載）が知られている。このPCファイバは、ファイバ中心を長手方向に延びる中実又は中空のコアと、そのコアを覆うように設けられコアに沿って延びる多数の細孔を有するクラッドとを備えており、該クラッドにより屈折率が周期的に変動したフォトニッククリスタル構造を構成するものである。ここで、該PCファイバの中空のコア及びクラッドの細孔を該ファイバの端面に開放しておく、と、該中空のコア及びクラッドの細孔に異物等が侵入して光特性を劣化させる原因となるため、該PCファイバの端面を溶融して中空のコア及びクラッドの細孔を封止したものが知られている（特許文献1参照）。

【0003】

【特許文献1】

特開 2002-323625号公報

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上述のPCファイバの端面を溶融して中空のコア及びクラッドの細孔を封止すると、その溶融過程において、封止された区間の寸法が1mm程度と長くなってしまうため、集光装置又は光源装置から直接ファイバに信号光を伝送した場合、該ファイバ外に信号光が漏れて接続損失が発生していた。

【0005】

また、特許文献1には、封止部の寸法は光の導波に与える影響がほとんどないような長さとする、と記載されているが、具体的な寸法の記載がなく不明瞭であり、その長さはファイバの種類によっても異なるため、各ファイバごとに接続損失

の検査を繰り返し行って封止部の寸法を決定する必要があり、作業効率が悪くなるとともに品質のバラツキが生じていた。

【0006】

すなわち、本発明の課題は、低接続損失で接続可能なフォトニッククリスタルファイバを用いた光伝送装置を提供することを課題とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記課題に対して、フォトニッククリスタルファイバの接続端部に上記クラッドの細孔を封止する処理を施し、該クラッドの細孔が封止処理により封止された区間の長さを、ファイバ径や信号光の入射角等の条件から算出して設定することにより、低接続損失で接続可能なフォトニッククリスタルファイバを用いた光伝送装置を構成した。

【0008】

すなわち、請求項1に係る発明は、ファイバ中心をなす中実のコアと、該コアを覆うように設けられ該コアに沿って延びる多数の細孔を有するクラッドとからなるフォトニッククリスタルファイバと、

信号光を集光して上記フォトニッククリスタルファイバに伝送する集光装置とを備えた光伝送装置であって、

上記集光装置に接続する上記フォトニッククリスタルファイバの接続端部に、ファイバ端面から所定距離Lの区間において上記クラッドの細孔を封止する処理が施され、

上記信号光の上記ファイバへの入射角 θ [°]、該ファイバの外径D [μm]、該ファイバのコア径a [μm]、該ファイバのクラッドに設けられた細孔が上記封止処理により封止された区間の屈折率nを用いて表される、該細孔が封止された区間の長さL [μm] が、

$$10 \leq L \leq (D + a) / 2 \tan [\sin^{-1} (\sin \theta / n)]$$

という条件を満たすように設定されていることを特徴とする。

【0009】

従って、本発明によれば、フォトニッククリスタルファイバの接続端部にクラ

ッドの細孔を封止する処理を施し、該クラッドの細孔が上記封止処理により封止された区間の長さを、上記条件を満たすように設定しているから、集光装置で集光された信号光を直接ファイバ内に伝送しても、ファイバ外に信号光が漏れないため接続損失となることなく効率のよい光伝送を行うことができる。

【0010】

請求項2に係る発明は、ファイバ中心をなす中実のコアと、該コアを覆うように設けられ該コアに沿って延びる多数の細孔を有するクラッドとからなるフォトニッククリスタルファイバと、

信号光を上記フォトニッククリスタルファイバに伝送する光源装置とを備えた光伝送装置であって、

上記光源装置に接続する上記フォトニッククリスタルファイバの接続端部に、上記クラッドの細孔を封止する処理が施され、

上記光源装置から出射された信号光の上記ファイバへの出射角 θ [°]、上記光源装置とファイバ端面との間隔 d [μm]、該ファイバのコア径 a [μm]、該ファイバのクラッドに設けられた細孔が上記封止処理により封止された区間の屈折率 n を用いて表される、該細孔が封止された区間の長さ L [μm] が、

$$10 \leq L \leq (a/2 - d \cdot \tan \theta) / \tan [\sin^{-1} (\sin \theta / n)]$$

という条件を満たすように設定されていることを特徴とする。

【0011】

従って、本発明によれば、フォトニッククリスタルファイバの接続端部にクラッドの細孔を封止する処理を施し、該クラッドの細孔が上記封止処理により封止された区間の長さを、上記条件を満たすように設定しているから、光源装置から出力された信号光をファイバ内に伝送しても、ファイバ外に信号光が漏れないため接続損失となることなく効率のよい光伝送を行うことができる。

【0012】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態に係る光伝送装置を図面に基づいて詳細に説明する。

【0013】

－実施形態1－

<ファイバ及び光伝送装置の構成>

図1は、フォトニッククリスタルファイバ（以下、PCファイバと記載）10を示す。このPCファイバ10は、ファイバ中心を長手方向に延びる中実のコア11と、そのコア11を覆うように設けられコア11に沿って延びる多数の細孔12a, 12a, ...を有するクラッド12と、該クラッド12を覆うように設けられた被覆部13とを備えている。そして、該クラッド12が二次元的に屈折率が周期的に変動したフォトニッククリスタル構造を構成し、信号光（不図示）は、そのフォトニッククリスタル構造で囲われたコア11に閉じこめられて伝搬されることとなる。

【0014】

PCファイバ10の接続端部は、加熱処理により溶融され、これによりクラッド12の細孔12a, 12a, ...が封止されている。このとき、PCファイバ10の接続端部は、コア11、クラッド12及び被覆部13よりなる形態から図2(a)に示すように細孔12aが封止されたクラッド12と被覆部13とにより形成された封止部15よりなる形態に変化している。なお、封止部15は、PCファイバ10の接続端部にガラス棒等を固着したり、細孔12aに樹脂を充填して形成したものであっても構わない。

【0015】

そして、細孔12aを封止したPCファイバ10の接続端部が、信号光22を集光する集光装置21に接続されており、集光装置21で集光された信号光22をPCファイバ10により伝搬する光伝送装置20が構成されている。

<封止部15の長さLの設定条件>

封止部15のファイバ長手方向の長さLの設定条件について、以下に説明する。

【0016】

大気中における信号光22のPCファイバ10への入射角 θ [°]、PCファイバ10内での信号光22の入射角 θ' [°]、該PCファイバ10の外径D [μm]、該PCファイバ10のコア径a [μm]、大気中における光の屈折率 n' 、上記封止部15における光の屈折率 n 、該封止部15のファイバ長手方向の

長さ L [μm] とする。なお、封止部 15 の長さ L は、PCファイバ 10 の接続端部からクラッド 12 の細孔 12a, 12a, ... が封止されている区間を示すものとする。すなわち、クラッド 12 の細孔 12a, 12a, ... のうち少なくとも 1 つが封止されていれば、その区間は封止部 15 に含むものとする。

【0017】

集光装置 21 で集光された信号光 22 は、PCファイバ 10 に対して大気中を入射角 θ で入射し、PCファイバ 10 の封止部 15 中を入射角 θ' で進むから、(1) 式の関係が成立する。

$$n' \cdot \sin \theta = n \cdot \sin \theta' \quad \dots (1)$$

【0018】

ここで、 n' は大気中における光の屈折率であるから、 $n' = 1$ となり、封止部 15 における信号光 22 の入射角 θ' は、(2) 式で表される。

$$\theta' = \sin^{-1} (\sin \theta / n) \quad \dots (2)$$

【0019】

また、信号光 22 は、PCファイバ 10 の封止部 15 中をその直径方向に $(D + a) / 2$ 進む間にファイバ長手方向に長さ L だけ進むから、(3) 式の関係が成立する。

$$\tan \theta' = [(D + a) / 2] / L \quad \dots (3)$$

【0020】

上記 (2)、(3) 式より、封止部 15 の長手方向の長さ L は、(4) 式で表される。

$$L = (D + a) / 2 \tan [\sin^{-1} (\sin \theta / n)] \quad \dots (4)$$

【0021】

また、本発明者がクラッド 12 の細孔 12a を再現性よく加工できる封止部 15 の長さ L を試行錯誤して検討した結果、封止部 15 の長さ L の下限値は、10 μm 程度に設定することが好ましい。

【0022】

従って、上記 (4) 式より、集光装置 21 から出力され PCファイバ 10 内に入射した信号光 22 が、封止部 15 を通過し確実にクラッド 12 の細孔 12a,

12a, ... まで到達して全反射するためには、(5) 式の条件を満たす必要がある。

$$0 \leq L \leq (D + a) / 2 \tan [\sin^{-1} (\sin \theta / n)] \quad \dots (5)$$

【0023】

従って、封止部 15 の長さ L が、(5) 式の条件を満たす範囲内で設定されていれば、PC ファイバ 10 外に信号光 22 が漏れて接続損失となることがなく効率のよい光伝送が可能となる。

【0024】

ー実施形態 2ー

<ファイバ及び光伝送装置の構成>

本実施形態 2 に係る光伝送装置 30 は、実施形態 1 と同一の PC ファイバ 10 を用いて構成されるものであり、PC ファイバ 10 の封止部 15 の構造も実施形態 1 と同一である。

【0025】

そして、細孔 12a を封止した PC ファイバ 10 の接続端部が半導体レーザ（光源装置）31 に接続され、半導体レーザ 31 で出力された信号光 32 を PC ファイバ 10 により伝搬する光伝送装置 30 が構成されている。

【0026】

<封止部 15 の長さ L の設定条件>

封止部 15 のファイバ長手方向の長さ L の設定条件について、以下に説明する。

【0027】

大気中における信号光 32 の PC ファイバ 10 への出射角 θ [°]、PC ファイバ 10 内での信号光 32 の入射角 θ' [°]、該 PC ファイバ 10 の外径 D [μm]、該 PC ファイバ 10 のコア径 a [μm]、大気中における光の屈折率 n' 、上記封止部 15 における光の屈折率 n、半導体レーザ 31 とファイバ端面との間隔 d [μm]、PC ファイバ 10 端面における信号光 32 の周方向への拡がり径 r [μm]、封止部 15 と PC ファイバ 10 のコア 11 との境界面における信号光 32 の周方向への拡がり径 R [μm]、該封止部 15 のファイバ長手方向

の長さ L [μm] とする。なお、封止部 15 の長さ L は、PCファイバ 10 の接続端部からクラッド 12 の細孔 12a, 12a, ... が封止されている区間を示すものとする。すなわち、クラッド 12 の細孔 12a, 12a, ... のうち少なくとも 1 つが封止されていれば、その区間は封止部 15 に含むものとする。

【0028】

半導体レーザ 31 から出力された信号光 32 は、大気中を出射角 θ で PC ファイバ 10 端面に向かって出射し、半導体レーザ 31 とファイバ端面との間隔 d だけ進んでから PC ファイバ 10 の封止部 15 中を入射角 θ' で進むから、(6) 式の関係が成立する。

$$n' \cdot \sin \theta = n \cdot \sin \theta' \quad \dots (6)$$

【0029】

ここで、 n' は大気中における光の屈折率であるから、 $n' = 1$ となり、封止部 15 における信号光 22 の入射角 θ' は、(7) 式で表される。

$$\theta' = \sin^{-1} (\sin \theta / n) \quad \dots (7)$$

【0030】

また、PCファイバ 10 端面における信号光 32 の周方向への拡がり径 r は、(8) 式で表される。

$$r = d \cdot \tan \theta \quad \dots (8)$$

【0031】

さらに、信号光 32 が入射角 θ' で封止部 15 の長さ L だけ進むと、封止部 15 と PC ファイバ 10 のコア 11 との境界面における信号光 32 の周方向への拡がり径 R は、(9) 式で表される。

$$R = L \cdot \tan \theta' \quad \dots (9)$$

【0032】

また、上記拡がり径 r と R との和はコア径 a の半径に等しいから、(10) 式の関係が成立する。

$$r + R = a / 2 \quad \dots (10)$$

【0033】

上記 (10) 式を (7) ~ (9) 式を用いて封止部 15 の長さ L で表すと、(

11) 式のようになる。

$$L = (a/2 - d \cdot \tan \theta) / \tan[\sin^{-1}(\sin \theta / n)] \quad \dots (11)$$

【0034】

また、本発明者がクラッド12の細孔12aを再現性よく加工できる封止部15の長さLを試行錯誤して検討した結果、封止部15の長さLの下限値は、10 μ m程度に設定することが好ましい。

【0035】

従って、上記(11)式により、半導体レーザ31から出力されPCファイバ10内に入射した信号光32が、封止部15を通過し確実にクラッド12の細孔12a, 12a, ...まで到達して全反射するためには、(12)式の条件を満たす必要がある。

$$10 \leq L \leq (a/2 - d \cdot \tan \theta) / \tan[\sin^{-1}(\sin \theta / n)] \quad \dots (12)$$

【0036】

従って、封止部15の長さLが、(12)式の条件を満たす範囲内で設定されていれば、PCファイバ10外に信号光32が漏れて接続損失となることがなく効率のよい光伝送が可能となる。

【0037】

【発明の効果】

請求項1に係る発明によれば、フォトニッククリスタルファイバの接続端部にクラッドの細孔を封止する処理を施し、該クラッドの細孔が封止処理により封止された区間の長さを、

$$10 \leq L \leq (D + a) / 2 \tan [\sin^{-1}(\sin \theta / n)]$$

という条件を満たすように設定しているから、集光装置で集光された信号光を直接ファイバ内に伝送しても、ファイバ外に信号光が漏れないため接続損失となることなく効率の良い光伝送を行うことができる。

【0038】

請求項2に係る発明によれば、フォトニッククリスタルファイバの接続端部にクラッドの細孔を封止する処理を施し、該クラッドの細孔が封止処理により封止された区間の長さを、

$$10 \leq L \leq (a/2 - d \cdot \tan \theta) / \tan [\sin^{-1} (\sin \theta / n)]$$

という条件を満たすように設定しているから、光源装置から出力された信号光をファイバ内に伝送しても、ファイバ外に信号光が漏れないため接続損失となることなく効率の良い光伝送を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施形態 1 及び 2 におけるフォトニッククリスタルファイバを示す斜視図。

【図 2】

本発明の実施形態 1 における光伝送装置を示す概略図。

【図 3】

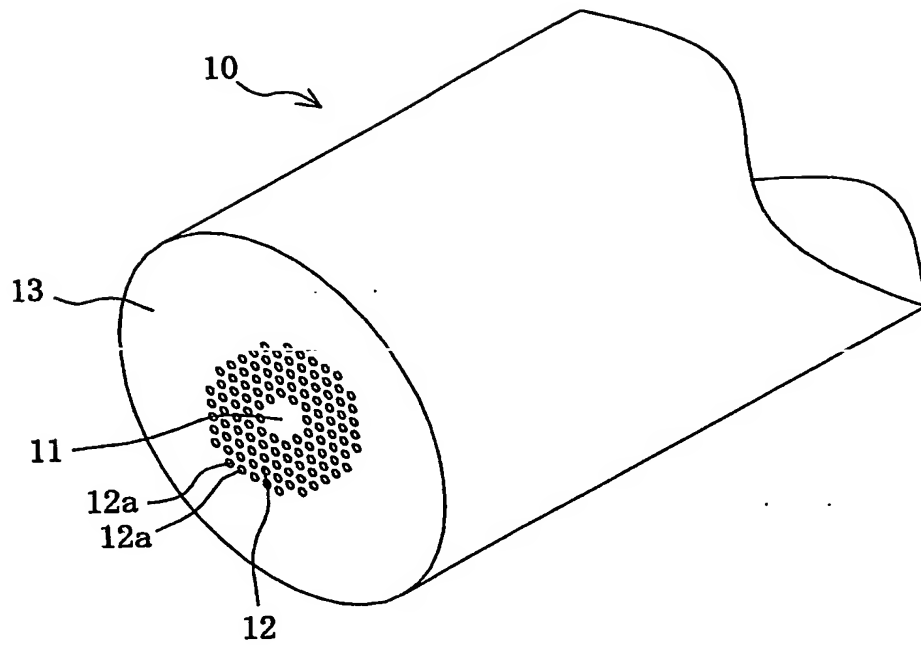
本発明の実施形態 2 における光伝送装置を示す概略図。

【符号の説明】

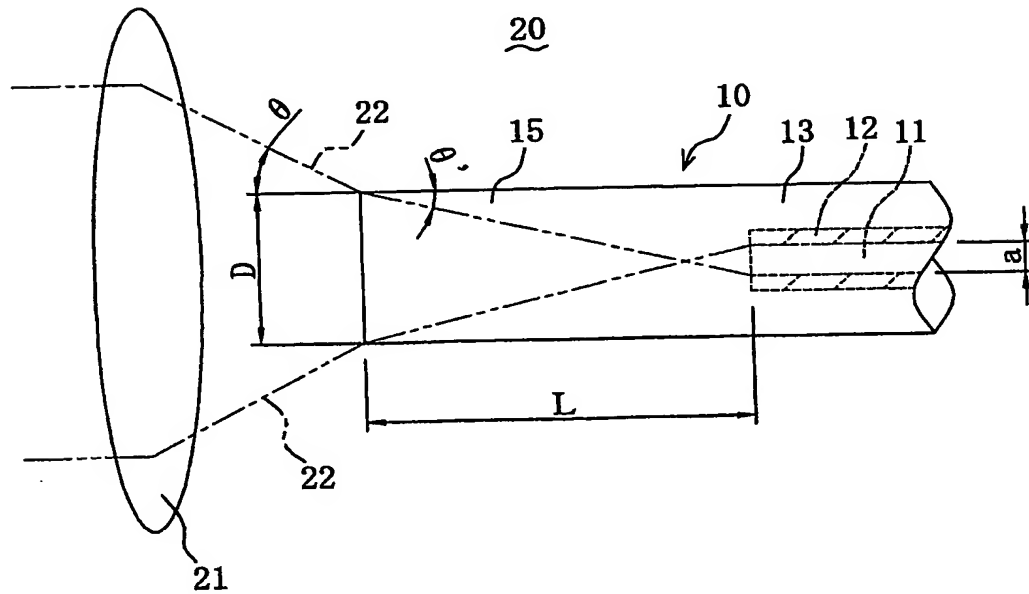
- 10 フォトニッククリスタルファイバ
- 11 コア
- 12 クラッド
- 12a 細孔
- 13 被覆部
- 15 封止部
- 20 光伝送装置
- 21 集光装置
- 22 信号光
- 30 光伝送装置
- 31 半導体レーザ
- 32 信号光

【書類名】 図面

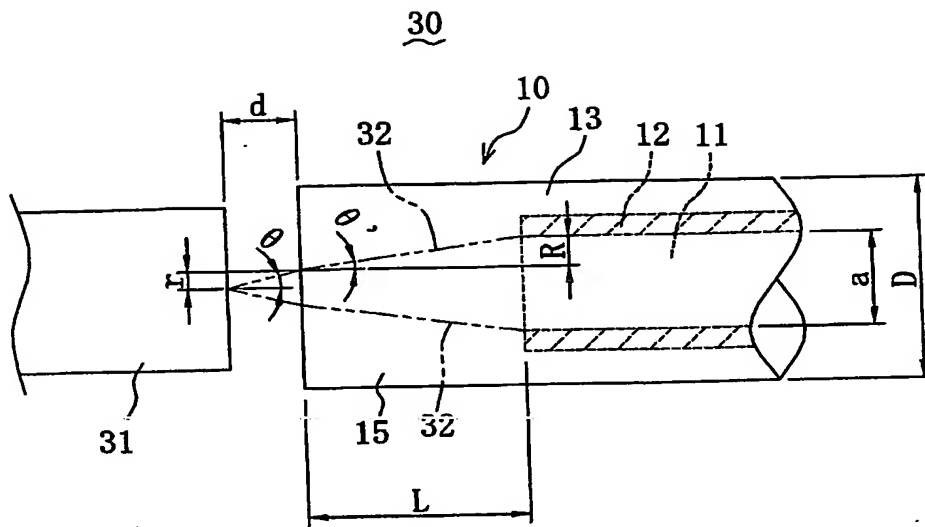
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 低接続損失で接続可能なフォトニッククリスタルファイバを用いた光伝送装置を提供する。

【解決手段】 PCファイバ10の接続端部を加熱処理により溶融して、クラッド12の細孔12a, 12a, ...を封止してなる封止部15を形成し、該封止部15の長さLを、信号光22のPCファイバ10への入射角 θ [°]、該ファイバの外径D [μ m]、該ファイバのコア径a [μ m]、封止部15の屈折率nなどの条件から算出して設定する。

【選択図】 図2

特願 2 0 0 3 - 1 2 2 5 3 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 3 2 6 3]

1. 変更年月日
[変更理由]
住 所
氏 名

2 0 0 2 年 1 月 3 1 日
住所変更
兵庫県尼崎市東向島西之町 8 番地
三菱電線工業株式会社

2. 変更年月日
[変更理由]
住 所
氏 名

2 0 0 3 年 7 月 1 日
住所変更
兵庫県伊丹市池尻 4 丁目 3 番地
三菱電線工業株式会社